

# Faszination und didaktische Relevanz des Young Physicists Tournament

Brigitte Pagana-Hammer

Der seit vier Jahren auch in Österreich ausgetragene Wettbewerb Young Physicists Tournament findet bei uns wie in vielen anderen Ländern immer größeres Interesse und - was besonders auffällt - er hat die Wirkung einer Droge: *Wer einmal mitgemacht hat, ist ihm verfallen*. Ehemalige Teilnehmer, die längst an Universitäten auch andere Fächer als Physik studieren, Lehrerinnen und Lehrer, die unter ständiger Überlastung stöhnen, und hochkarätige Vertreter der Wissenschaft nehmen, oft auch jahrelang nachdem sie selbst direkt mit dem Bewerb befasst waren, aktiv Anteil an der Vorbereitung und am Abschneiden ihrer Mannschaft.

Setzt man sich mit der offensichtlichen Faszination dieses Wettbewerbs auseinander, stellt sich automatisch die Frage: *Was ist der Trick dabei, was macht ihn so interessant?* Für den Fachdidaktiker wirft das eine weitere Frage auf: *Was kann ich aus diesem Modell für den Unterricht gewinnen?*

Der Antwort auf diese Fragen soll an Hand eines Beispiels nachgegangen werden, das voriges Jahr von der österreichischen Mannschaft in Helsinki vorgetragen wurde.

Die Aufgabe trug den Titel "Cracks": Gemeint war dabei ein Phänomen, das wir alle aus dem Alltag kennen. Trocknet ein Pfütze aus, oder sieht man Fotos von ehemaligen Flüssen und Seen in Trockengebieten der Erde, so zeigen sich Risse in der lehmigen bzw. sandigen Oberfläche. Ein ähnliches Phänomen kann man sehen, wenn stärkehaltige Substanzen in einem Gefäß vertrocknen. Die Fragestellung fand viele Freunde, mich selbst eingeschlossen. Zahlreiche Schülerinnen und Schüler wurden zum Rühren von Stärkebrei verschiedenster Mischungsverhältnisse, zum Fotografieren des Trocknungsprozesses unter unterschiedlichsten Rahmenbedingungen und der endlich entstehenden Risse angeregt. Bald war allen klar: Das physikalische Vorwissen gab wichtige Hinweise auf mögliche Ansätze zur Erklärung, reichte aber weder bei Schülern noch bei Lehrern zur Klärung aus. Hypothesen wurden aufgestellt, diskutiert und wieder verworfen. Wir versuchten, die Resultate mit Hilfe von nur sporadisch zu findenden Bemerkungen zu diesem Phänomen in einschlägigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu interpretieren, und bemühten Fachleute an Universitäten. Dem Phänomen war nicht beizukommen!

Damit sind wir schon einigen Faszinationsträgern auf der Spur. Ein zwar lebensnahes, jedoch komplexes Problem entzieht sich der Erklärung mit Hilfe von herkömmlichem, allseits anerkanntem Wissen. Neugierde kommt auf. Kreativität unter Einsatz des eigenen Vorwissens, Vorstellungskraft und Kommunikationsfähigkeit sind gefragt. Es entwickelt sich eine ungewöhnliche Aktivität, denn hier geschieht etwas Besonderes. Alle Beteiligten können den Paradigmenwechsel vom Physikunterricht als - häufig unverstandenem - Auswen-

diglernen scheinbar gesicherter Erkenntnisse zum Physiklernen als Entdecken und Bearbeiten authentischer offener Probleme selbst miterleben. Fast alle im YPT gestellten Probleme tragen dieses Charakteristikum.

Mit Hilfe von Experten der Universität Leoben gelang dem Leobener Team (Georg Hofferek, Daniel Imrich, David Reitbauer unter der Leitung von Prof. Gerhard Haas) der folgende, hier vereinfacht dargestellte, Lösungsansatz:

Die Beobachtungen legten die Hypothese nahe, dass Adhäsionskräfte zwischen der Lösung und den Gefäßwänden für die Ausbildung der auffälligen, bis an den Gefäßboden reichenden und über die gesamte Oberfläche laufenden Risse verantwortlich seien (Bild 1 und Bild 2).

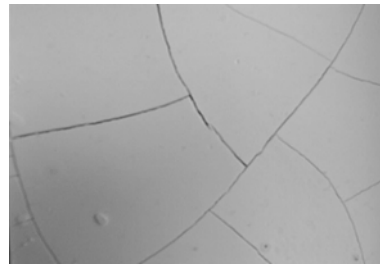


Bild 1: Adhäsion: Bis an den Gefäßboden reichende, durchgehende Risse



Bild 2: Seitenansicht eines Risses unter dem Mikroskop

Solche Risse wurden in Gefäßen, die mit Plastikfolie ausgelegt waren, nicht beobachtet. Die Folie gab nach, und daher konnten die Adhäsionskräfte nicht als Risse wirksam werden. An der Oberfläche zeigten sich jedoch stets kleine, meist nicht tieferreichende Risse, die knapp unter der Oberfläche zusammenhängende vieleckige "Inseln" ausbildeten. Nur selten reichten solche "Inseln" auch in tiefere Schichten oder gar bis zum Boden. Das Entstehen dieser "Inseln" wurde dem Auftreten von Spannungsgradienten beim Austrocknen zugeschrieben. Dieser Gradient bildet sich durch den unterschiedlichen Feuchtigkeitsgrad und damit auch die unterschiedliche Viskosität in den einzelnen Flüssigkeitsschichten aus (Bild 3).

Nach einer intensiven Internet-Recherche konnte das Leobener Team eine neue japanische Untersuchung [3] ausfindig machen, die Aufschluss über die Ausbildung von solchen "In-



Bild 3: Durch Spannungsgradienten hergerufene "Inselrisse"

seln" in dünnen übereinander lagernden Schichten gibt. In dieser Studie werden die Spannungsverhältnisse bei bestimmten Viskositäten und die Energiebilanz bei der Trennung solcher Schichten genau berechnet, und es wird daraus auch eine Näherungsformel zur Berechnung der Inseldurchmesser abgeleitet:

$$2a_0 = \frac{B}{c_1 B + c_2}$$

wobei  $a_0$  der Radius der Inseln,  $B$  die Dicke der Schichten und  $c_1$  und  $c_2$  zwei, aus der Ableitung hervorgehende, dimensionslose Konstanten sind. Für unsere Versuchsanordnung waren  $c_1 = 0,095619$  und  $c_2 = 0,33579$ , was mit den in der Theorie angenommenen Werten  $c_1 = 0,1$  und  $c_2 = 0,3$  recht gut übereinstimmt. Damit konnte die für unsere Lösung zu erwartende Inselgröße vorausberechnet und mit den tatsächlich gemessenen Durchmessern verglichen werden:

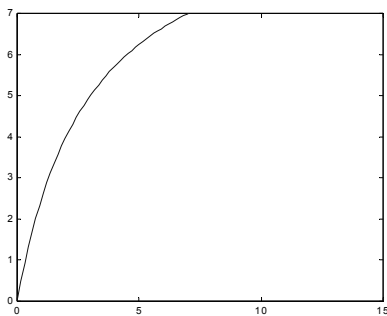


Bild 4: Theoretisch bestimmte Inseldurchmesser

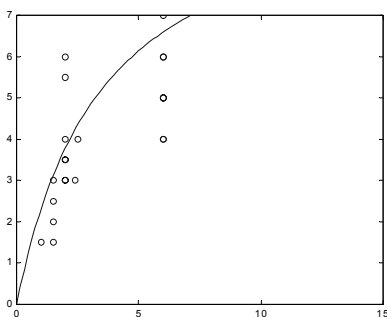


Bild 5: Tatsächlich gemessene Werte für die Inseldurchmesser bei bestimmten Schichtdicken

Auf der y-Achse wurden die mittleren Durchmesser in mm, auf der x-Achse die Schichtdicke, ebenfalls in mm, aufgetragen. Theorie und Praxis zeigen, wie zu erwarten, für dünne Schichten eine gute Übereinstimmung. Für dickere Schichten, welche die vom Team zur Anwendung gebrachte Theorie nicht berücksichtigt, weichen die Werte erwartungsgemäß stark ab.

Variationen hinsichtlich der verwendeten Materialien (verschiedene Stärkearten und Lösungsmittel sowie Konzentrationen) führten stets zu sehr ähnlichen Resultaten. Auch die Verwendung von Lösungen mit unterschiedlichen Temperaturen bis 70°C gaben vergleichbare Resultate. (Über der genannten Temperatur wird Stärke zu einer Paste mit sehr hoher Viskosität - zu Kleister.)

Damit war dem Team eine selbständige kleine Forschungsarbeit gelungen, auf die alle Teammitglieder stolz sein konnten. Jeder hatte seinen Beitrag geliefert: Daniel Imrich war für dieses Projekt der Hauptverantwortliche. Ihm war die erfolgreiche Suche nach einer brauchbaren Theorie anvertraut. Genaues Lesen des nicht einfachen Artikels aus einer hochspezialisierten Fachzeitschrift war für alle Teammitglieder angesagt. Denn erst dann konnte der Inhalt in gemeinsamer Diskussion verstanden und durch gemeinsames Experimentieren auf seine Anwendbarkeit hin überprüft werden. Bereits Bekanntes wurde während des Studiums vertieft und Neues dazugelernt. Freilich waren die Hinweise von Experten und Lehrern unerlässlich. Die Umsetzung war jedoch dem Team selbst überlassen. Der eigentliche Erkenntnisgewinn resultierte aus der selbständigen Auseinandersetzung mit einem physikalischen Problem. *Saubere Anwendung naturwissenschaftlicher Methodik, Informationsaustausch und Kooperation unter den Teammitgliedern genauso wie mit der Fachwelt* trugen wesentlich zur erfolgreichen Interpretation des, auch in Physiklehrbüchern [2] abgebildeten, jedoch keineswegs erforschten Phänomens bei.

Welche Mechanismen waren für die intensive, engagierte Beschäftigung und für den erfolgreichen Abschluss dieser weit über das schulische Niveau hinausgehenden Forschungsarbeit verantwortlich? Offenbar führt das Bewusstsein, *selbständig und eigenverantwortlich* etwas zu schaffen, und damit auch soziale Verantwortung im Team für die gemeinsame Sache zu übernehmen, zu einer sehr weitgehenden *Identifikation* mit dem Gegenstand. Ungeahnte Potentiale der Physik, der Lehrenden und der Lernenden werden freigelegt. Die Begeisterung erfasst nämlich nicht nur die Schülerinnen und Schüler, sie macht auch vor dem betreuenden Lehrer nicht Halt. Der emotionale Bezug - Identifikation und Begeisterung - sind für einen erfolgreichen Lehr- und Lernprozess nicht zu unterschätzen.

Als nun die Forschungsergebnisse feststanden, mussten daraus auch die notwendigen Schlussfolgerungen gezogen und diese für die Präsentation vor einem fachkundigen, aber mit dem Problem selbst nicht näher vertrauten Publikum aufgearbeitet werden. Die zu erforschenden "Cracks" sind in zwei unterschiedliche Typen einzuteilen: jene, die durch Adhäsion mit den Gefäßwänden zu Stande kommen und jene, die als Inselcracks bezeichnet werden. Letztere waren eindeutig das komplexere und daher auch das interessantere Phänomen. Sie sollten in der *Präsentation* vor allem Berücksichtigung finden.

Damit war ein weiterer wesentlicher Schritt getan: Die *Überprüfung der eigenen Arbeit* auf das Wesentliche und Neue hin. Im vorliegenden Fall war das recht einfach. Aber nicht bei vielen YPT-Problemen liegt es so klar auf der Hand, was wirklich der springende Punkt ist. Unter mehreren plausiblen Lösungsansätzen ist zu wählen. Es sind Stärken und Schwächen gegeneinander abzuwägen. Dass diese Überlegungen in der Präsentation entsprechend berücksichtigt und argumentiert werden,

ist ein wichtiges Element für die in den Physics Fights - so heißen die kleinsten Einheiten des Turniers - vorgesehene wissenschaftliche Diskussion. Mit Spannung wird erwartet, ob man die Kolleginnen und Kollegen und die Vertreter der Fachwelt von der eigenen Meinung überzeugen kann. Das spielerische, ja sportlich kämpferische Moment ist neben der Befriedigung des eigenen Wissensdursts und Forschungsdranges eine nicht zu unterschätzende Motivation.

Zur Erstellung einer gefälligen Präsentation wurden die Experimente durch die Photographien und durch einen kurzen Film veranschaulicht. Gemeinsam mit den theoretischen Erörterungen und den Berechnungen wurden sie in eine heute zum Standard gewordene *Power Point* Präsentation verpackt. Das ganze natürlich auf Englisch, denn es ging ja zum IYPT nach Helsinki. Die problemlose Verwendung der *englischen Sprache* ist angesichts der um sich greifenden Internationalisierung und Globalisierung nicht nur ein allgemeines Bildungsziel, sie ist für angehende Naturwissenschaftler eine Selbstverständlichkeit. Als solche wird sie denn auch empfunden, wenn ein paar Hundert junge Forscher aus rund 20 Nationen mit dem Ziel zusammentreffen, ihre ersten wissenschaftlichen Erfahrungen auszutauschen. Dass dabei das gegenseitige Kennenlernen und die Unterhaltung nicht zu kurz kommen, versteht sich von selbst. Die strahlenden Gesichter auf dem Foto der österreichischen Mannschaft beim 14th IYPT 2001 in Helsinki beweisen es. (Bild 6)



Bild 6: Das österreichische Team belegte in Helsinki 2001 einen hervorragenden 4. Platz

Die Präsentation unserer Lösung des Problems "Cracks" führte die Mannschaft zu einigen wichtigen, weiteren Erkenntnissen. Will man wissenschaftlich erfolgreich argumentieren, ist ein grundlegendes Verständnis des Problems eine unbestreitbare Voraussetzung. Das allein genügt jedoch nicht. Für den unbefangenen Zuhörer, auch für den Fachmann, stellt es eine Herausforderung dar, die Richtigkeit einer ziemlich komplizierten Theorie in den knappen 12 Minuten, die für eine Präsentation vorgesehen sind, zu überprüfen. Überzeugungskraft, Flexibilität und Sicherheit im Vortrag und nicht zuletzt die Möglichkeit, vernetzt zu denken, sind erforderlich. Nur so lassen sich rasch und einsichtig Zusammenhänge zwischen den einzelnen Schritten der Theorie einerseits und zwischen Theorie und Experiment andererseits herstellen. Gerade die Diskussion um die "Cracks" hat das gezeigt. Der österreichische Lösungsansatz, die solide wissenschaftliche Arbeit, fanden zwar die Anerkennung der Jury. Die Diskussionen gingen aber noch weit über die vorgesehene Zeit hinaus. Souveräner

zu argumentieren bietet sich demnach als eines der Ziele für die nächsten Jahre an. Neuen Zielen zuzustreben, der Wunsch sich weiter zu verbessern, ist der Motor jedes Lernprozesses. Gerade deshalb werden wir alle auch beim nächsten YPT mit noch größerem Einsatz dabei sein.

Das YPT setzt konstruktivistische Ansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht um. Die Erforschung von komplexen, zunächst unstrukturierten Problemen lässt Lernen als aktiven Prozess erleben. Eine positive, engagierte Lern- und Lehrhaltung sind Voraussetzung und Folge. Zur Verbreitung nicht nur des hier beschriebenen Wettbewerbes, sondern auch des ihm zu Grunde liegenden pädagogischen und didaktischen Ansatzes wird vielfach ein tiefgreifendes Umdenken, die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen und der Einsatz von neuen Unterrichtstechniken von Nöten sein. Dadurch werden im Physikunterricht Akzente gesetzt: Es wird ein *zeitgemäßes, aktuelles Wissenschaftsbild* vermittelt, das den ständigen Veränderungen in der Naturwissenschaft und damit der Zukunft einen größeren Stellenwert einräumt als bisher. Die vielfältigen Bildungsmöglichkeiten, welche die Physik bietet, werden besser genützt und die Erschließung der Potentiale der Lehrenden und Lernenden stärkt das Vertrauen in die Qualitäten und die Chancen des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Auch naturwissenschaftlich schwächer begabte bzw. interessierte Jugendliche werden durch einen Unterricht, in dem der Kreativität und der sozialen Komponente eine wesentliche Bedeutung zukommt, leichter zur Physik geführt werden können. Der "mancherorts beobachteten Naturwissenschaftsfeindlichkeit" [1] und den, unter Schülern verbreiteten, Vorurteilen gegenüber dem Fach Physik kann so wirksam begegnet werden.

## Bibliographie

- [1] Labudde, Peter: Selbständiges Lernen. Eine Chance für den Physikunterricht. In: *Unterricht Physik*, Heft 37, Februar 1997. 8. Jahrgang.
- [2] Lewisch, Ingrid: *Physik in Alltag und Technik 1*. Westermann Wien, 1986.
- [3] Nakasa, Keiji et. al.: An analysis of island-delamination type cracking pattern in the brittle film coated on a disk under axisymmetric tension. In: *Engineering Fracture Mechanics* Vol. 59, No. 2, pp.191-202, 1998, (Elsevier Science).



Am österreichischen Jung-Physiker Turnier AYPT in Leoben (2.-4. Mai 2002) nahmen neben inländischen Mannschaften Teams aus Polen, Slowakei, Slowenien und Italien teil. Im Bild bereitet sich das slowakische Team vor.